

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

22 OCT 2004

EPO 4/51688



REC'D 28 OCT 2004

WIPO

EPO PCT DG 1

22.10.2004

(96)

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

103 35 419.0

Anmeldetag:

02. August 2003

Anmelder/Inhaber:Marconi Communications GmbH,
71522 Backnang/DE**Bezeichnung:**Wellenlängenselektive optische Signalverarbeitungs-
vorrichtung**IPC:**

H 04 J, H 04 B

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**München, den 7. Oktober 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Schmidt C.

**Wellenlängenselektive optische Signalverarbeitungs-
vorrichtung**

- 10 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Signalver-
arbeitungsvorrichtung für die selektive Durchfüh-
rung einer Verarbeitung an bestimmten Kanälen eines
aus einer Mehrzahl von Kanälen mit unterschiedli-
cher Trägerwellenlänge zusammengesetzten Wellenlän-
15 genmultiplexsignals.

Ein solcher Wellenlängenmultiplex ist im Allgemei-
nen aufgebaut aus einer großen Zahl von Nachrich-
tenkanälen, die Nutzlastinformation befördern, und
20 wenigstens einem optischen Überwachungskanal (Opti-
cal Supervisory Channel), der für die Verwaltung
der Nachrichtenkanäle und der darauf übertragenen
Nachrichten in den Knoten eines Übertragungsnetz-
werks benötigte Information transportiert.

25

Die Verarbeitung von Nachrichten- und Überwa-
chungskanälen in den diversen Einrichtungen eines
Nachrichtenübertragungssystems ist im Allgemeinen
aus mehreren Gründen unterschiedlich. So kann es
30 z.B. in einem Knoten eines solchen Netzes erfor-
derlich sein, zunächst die auf dem Überwachungsk-
anal übertragenen Informationen auszuwerten, um zu
wissen, wie mit den einzelnen Nachrichtensignalen

des Multiplex an diesem Knoten verfahren werden soll.

Ein anderer möglicher Grund für die unterschiedliche Handhabung von Überwachungs- und Nachrichtenkanälen kann deren unterschiedliche Wellenlänge sein. So ist z.B. aus US 6,411,407 ein optisches Nachrichtenübertragungssystem mit Zwischenverstärkern bekannt, bei dem den optischen Überwachungskanälen Wellenlängen außerhalb eines Bandes maximaler Verstärkung der Zwischenverstärker zugewiesen sind. Die Überwachungskanäle erfahren daher beim Durchgang durch einen Zwischenverstärker eine geringere Verstärkung als die Nachrichtenkanäle. Wenn dies mehrere Male nacheinander geschähe, würde schließlich die optische Leistung auf dem Überwachungskanal im Vergleich zu der auf den Nachrichtenkanälen so weit abnehmen, dass der Überwachungskanal schließlich nicht mehr brauchbar wäre. Es ist daher eine Verarbeitung des Überwachungskanals getrennt von den Nachrichtenkanälen erforderlich, die diese unterschiedliche Verstärkung ausgleicht. Gemäß US 6,411,407 geschieht dies dadurch, dass der Überwachungskanal eines eintreffenden Multiplex elektrisch terminiert wird und am Ausgang der Verstärkereinheit der optische Überwachungskanal neu erzeugt wird. Zu diesem Zweck umfasst die bekannte Verstärkereinheit für jede Übertragungsrichtung einen Vorverstärker, der von dem vollständigen eintreffenden Signalmultiplex durchlaufen wird, ein sogenanntes SCW-Filter, das den optischen Überwachungskanal von den Nachrichtenkanälen trennt und der Terminierung in einem Überwachungsmodul zuführt, ein zweites sogenanntes SCW-Filter, das

die Nachrichtenkanälen vom ersten SCW-Filter und einen neu erzeugten Überwachungskanal vom Überwachungsmodul empfängt und zu einem ausgehenden Wellenlängenmultiplex kombiniert, und einen Nachverstärker, in dem der ausgehende Wellenlängenmultiplex abermals verstärkt wird.

Alle auf dem Weg der Nachrichtenkanäle durch die Verstärkereinheit eingefügten Komponenten erfordern Platz, verursachen Kosten und bringen Einfü-
gungsverluste mit sich, die durch die Verstärker kompensiert werden müssen. Je größer diese Verluste sind, um so leistungsstärker und damit kostspieliger müssen die Verstärker sein.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, eine wellenlängenselektive optische Signalverarbeitungsvorrichtung mit einem Auskoppelfilter zum Zerlegen eines mehrere Kanäle mit unterschiedlichen Wellenlängen aufweisenden eintreffenden Wellenlängenmultiplex in eine erste und eine zweite Gruppe von Kanälen, einer Verarbeitungseinheit zum Durchführen einer Verarbeitung an der ersten Gruppe und einem Einkoppelfilter zum Zusammenfügen der verarbeiteten ersten Gruppe und der zweiten Gruppe zu einem ausgehenden Wellenlängenmultiplex anzugeben, die besonders kompakt, einfach und preisgünstig realisierbar ist.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass das Auskoppelfilter und das Einkoppelfilter eine zusammenhängende wellenlängenselektiv reflektierende Struktur gemeinsam haben, die die erste Gruppe aus dem eintreffenden Multiplex in eine erste Richtung

reflektiert und die zweite Gruppe durchlässt, und die die nach Durchgang durch die Verarbeitungseinheit aus einer zweiten Richtung eintreffende erste Gruppe in die Durchlassrichtung der zweiten Gruppe reflektiert. Durch die Verschmelzung von Ein- und Auskoppelfilter in dieser wellenlängenselektiv reflektierenden Struktur werden einerseits Kosten und Platz gespart, weil die Struktur die Aufgaben beider SCW-Filter aus US 6,411,407 übernimmt, zum anderen ergibt sich eine Verringerung der Einfü-
gungsverluste bei der zweiten Gruppe von Kanälen, da diese an Stelle von zwei getrennten Filtern zum Ein- und Auskoppeln nur noch die eine wellenlängenselektiv reflektierende Struktur durchlaufen müssen.

Vorzugsweise handelt es sich bei der wellenlängenselektiv reflektierenden Struktur um ein Bragg-Gitter. Ein solches Bragg-Gitter kann drei-, zwei- oder eindimensional sein; ein geeignetes eindimensionales Gitter in Form von zwei partiell miteinander verschmolzenen optischen Fasern ist in US 6,578, 388 B1 beschrieben.

Alternativ kommt als reflektierende Struktur auch ein dichroitischer Spiegel in Betracht.

Vorzugsweise ist die erfindungsgemäße Signalverarbeitungsvorrichtung für einen Wellenlängenmultiplex mit einer Mehrzahl von Nachrichtenkanälen und wenigstens einem Überwachungskanal vorgesehen, wobei der wenigstens eine Überwachungskanal die zweite Gruppe bildet und die Nachrichtenkanäle die erste Gruppe bilden.

Wenn die Signalverarbeitungsvorrichtung eine von dem gesamten Wellenlängenmultiplex durchlaufene optische Verstärkerstufe umfasst, so sind die Verstärkerstufe bzw. die Wellenlänge(n) der ersten Gruppe vorzugsweise so gewählt, dass die optische Verstärkerstufe auch im nicht gepumpten Zustand für die erste Gruppe transparent ist, so dass diese auch im Fall einer Störung des Verstärkers transmittiert wird.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die beigefügten Figuren. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Draufsicht auf ein kombiniertes Ein-/Auskoppelfilter gemäß der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 2 einen Schnitt entlang der Linie II-II aus Fig. 1 gemäß einer ersten Ausgestaltung des Filters;
- Fig. 3 einen Schnitt entlang der Linie III-III aus Fig. 1 gemäß einer ersten Ausgestaltung des Filters;
- Fig. 4 einen Schnitt entlang der Linie II-II aus Fig. 1 gemäß einer zweiten Ausgestaltung des Filters;

- Fig. 5 einen Schnitt entlang der Linie III-III aus Fig. 1 gemäß einer zweiten Ausgestaltung des Filters; und
- 5 Fig. 6 ein Blockdiagramm einer Verstärkereinheit für die Langstreckenübertragung von optischen Signalen gemäß der Erfindung.
- 10 Fig. 1 zeigt eine Draufsicht auf ein kombiniertes Ein-/Auskoppelfilter 1 gemäß der Erfindung in einer integriert optischen Ausführung. Auf einem Substrat 2 mit Brechungsindex n_2 sind vier Single-Mode-Wellenleiterabschnitte 3, 4, 5, 6 und in einem Kreuzungsbereich dieser Wellenleiter eine
- 15 Bragg-Gitter-Zone 7 gebildet. Die Bragg-Gitter-Zone 7 umfasst eine Vielzahl von parallelen Streifen 8, 9 mit paarweise abwechselnden Lichtausbreitungseigenschaften, wie etwa Brechungsindex oder Dicke.
- 20 Von den spektralen Komponenten einer polychromatischen Welle, die z.B. über den Wellenleiter 3 in die Bragg-Gitter-Zone 7 eindringt, werden all diejenigen Komponenten, die die Bragg-Reflexionsbedingung nicht erfüllen, transmittiert und verlassen das Filter 1 über den Wellenleiter 6, der den Wellenleiter 3 jenseits der Bragg-Gitter-Zone 7 geradlinig fortsetzt. Spektrale Komponenten, die die Bragg-Bedingung erfüllen, werden in den Wellenleiter 4 reflektiert. Da die Reflexion an den
- 25 Streifen 8, 9 örtlich verteilt erfolgt, kann die in den Wellenleiter 4 reflektierte Welle im Querschnitt verbreitert sein; eine sich allmählich verengende Zone 11 im Übergangsbereich zwischen
- 30

der Bragg-Gitter-Zone 7 und dem Wellenleiter 4 dient dazu, den Querschnitt der reflektierten Welle adiabatisch an den des Wellenleiters 4 anzupassen.

5

Die Anordnung der Wellenleiter 5, 6 ist spiegelsymmetrisch zu der der Wellenleiter 3, 4; eine über den Wellenleiter 5 eingespeiste Welle, die die Bragg-Bedingung erfüllt, wird in den Wellenleiter 6 reflektiert und überlagert sich dort denjenigen spektralen Komponenten der über den Wellenleiter 3 eingespeisten Welle, die die Bragg-Bedingung nicht erfüllen.

10

Es gibt unterschiedliche Realisierungsmöglichkeiten für das Filter 1, von den zwei anhand der Schnitte der Figs. 2, 3 bzw. 4, 5 kurz skizziert werden. Die Figs. 2 und 3 zeigen die Wellenleiter 3, 4, 5, 6 und die Bragg-Gitter-Zone 7 auf dem Substrat 2 aufliegend. Eine solche Struktur ist z.B. erhältlich durch Aufbringen einer dünnen Schicht mit Brechungsindex $n_1 < n_2$ auf dem Substrat 2 und anschließendes Wegätzen dieser Schicht überall ausgenommen an den Orten der Wellenleiter 3 bis 6 und der Bragg-Gitter-Zone 7. Das Bragg-Gitter ist realisiert durch teilweises Wegätzen der Schicht im Bereich der Streifen 8, so dass das Bragg-Gitter durch die Streifen 8, 9 alternierend der Dicke gebildet ist.

20

25

30

Alternativ ist die Filterstruktur auch durch Eindiffundieren von Fremdmaterial in die Oberfläche des Substrats 2 realisierbar, wodurch im Bereich der Wellenleiter 3 bis 6 und der Bragg-Gitter-Zone

7 der Brechungsindex an der Oberfläche des Substrats 2 erhöht wird. Es resultieren die in den Figs. 4 und 5 gezeigten Querschnitte. Die Streifen 8, 9 unterscheiden sich hier nicht in ihrer Dicke, sondern in der Konzentration des eindiffundierten Fremdmaterials und in Folge dessen in ihrem Brechungsindex.

Fig. 6 zeigt ein Blockdiagramm einer Verstärkereinheit zum Nachverstärken eines Wellenlängenmultiplex-Nachrichtensignals für die Langstrecken-Nachrichtenübertragung auf einer optischen Faser. Der Eingang der Verstärkereinheit ist unmittelbar durch einen erbiumdotierten Faserverstärker (Erbium-doped Fibre Amplifier EDFA) 12 gebildet, der alle Nachrichtenkanäle eines auf der eintreffenden Faser 13 übertragenen Signalmultiplex gleichmäßig verstärkt. Die Wellenlänge des Überwachungskanals ist so weit von der Wellenlänge maximaler Verstärkung des EDFA 12 entfernt gewählt, dass der Überwachungskanal beim Durchgang durch den EDFA 12 nicht nur keine Verstärkung erfährt, sondern selbst dann nicht nennenswert absorbiert wird, wenn in Folge einer technischen Störung der EDFA 12 nicht gepumpt ist und in Folge dessen nicht in der Lage ist, die Nachrichtensignale zu verstärken, sondern diese absorbiert. D.h., während für einen EDFA im Allgemeinen der Wellenlängenbereich von 1530 bis 1560 nm für die Nachrichtenkanäle genutzt wird, ist der Überwachungskanal in einem Wellenlängenbereich zwischen 1600 und 1630 nm angesiedelt. So ist sichergestellt, dass dieser den EDFA 12 auch dann durchläuft, wenn die Nachrichtenkanäle darin vollständig absorbiert werden.

An den Ausgang des EDFA 12 ist der Wellenleiter 3 eines Ein-/Auskoppelfilters 1 vom in Fig. 1 dargestellten Typ angeschlossen. Die Breite der Streifen 8, 9 ist hier so gewählt, dass der Überwachungs-
5 kanal die Bragg-Bedingung erfüllt und in die Faser 4 reflektiert wird und über diese zu einer Verarbeitungseinheit 14 gelangt. Bei dieser Verarbeitungseinheit 14 kann es sich z.B. um einen optischen Verstärker handeln, der den Überwachungs-
10 kanal in dem gleichen Maße verstärkt, wie der EDFA-Vorverstärker 12 und ein EDFA-Nachverstärker 15 zusammen die Nachrichtenkanäle, oder um eine Hintereinanderschaltung eines optisch-elektrischen Wandlers, einer elektronischen Regeneratorschaltung und eines elektrisch-optischen Wandlers.

Nach dem Durchgang durch die Verarbeitungseinheit 14 erreicht der Überwachungs kanal das Ein-/Auskoppelfilter 1 über dessen Faser 5, wird in
20 diesem erneut Bragg-reflektiert und dadurch mit den Nachrichtenkanälen, die das Filter 1 unverändert durchlaufen, auf die Ausgangsfaser 6 räumlich überlagert.

25 Die Ausgangsfaser 6 führt zu einem Dispersionskompensator, der dazu dient, durch Dispersion in der Faser 13 verursachte Verformungen der Impulse der Nachrichtenkanäle auszugleichen. Dieser Dispersions-
30 onskompensator 16 ist im Allgemeinen nicht in der Lage, auch den Überwachungs kanal korrekt zu kompensieren; wenn dies der Fall ist, ist dies jedoch nicht weiter störend, da der Überwachungs kanal im Allgemeinen eine erheblich niedrigere Datenrate

als die Nachrichtenkanäle aufweist und dementsprechend mit wesentlich längeren Impulsen arbeiten kann, an denen sich dispersionsbedingte Verformungen nicht nennenswert bemerkbar machen.

5

Im Anschluss an den Dispersionskompensator 16 durchläuft der Wellenlängenmultiplex den EDFA-Nachverstärker 15, bevor er auf eine Ausgangsfaser ausgegeben wird. Im Vergleich zu einer herkömmlichen Verstärkereinheit, die getrennte Ein-/Auskoppelfilter für den Überwachungskanal verwendet, durchlaufen die Nachrichtenkanäle bei der erfindungsgemäßen Verstärkereinheit eine optische Komponente weniger. Dies führt nicht nur zu einer Kostenersparnis aufgrund des Wegfalls einer Komponente, sondern auch zum Wegfall der sonst mit dieser Komponente verbundenen Einfügungsverluste in der Größenordnung von 0,5 bis 1 dB. Es genügt daher eine geringere Leistung der Verstärkerstufen 12, 15, um eine gewünschte Gesamtverstärkung der Verstärkereinheit zu erreichen. Während beispielsweise bei einem herkömmlichen EDFA mit 15 m Faserlänge eine Pumpleistung von 200 mW erforderlich ist, um eine Verstärkung von 16 dB bei 1550 nm zu erreichen, genügen für eine Verstärkung von 15,5 dB bereits 160 mW. Der Bedarf an Pumpleistung reduziert sich also durch die erfindungsgemäße Konfiguration um 20 %. Es können daher bei der erfindungsgemäßen Verstärkereinheit zum Pumpen der EDFAs deutlich leistungsschwächere Laserdioden eingesetzt werden, was die Verstärkereinheit abermals preiswerter macht.

10

15

20

25

30

G. 81678

Patentansprüche

5

10

15

20

25

30

1. Wellenlängenselektive optische Signalverarbeitungsvorrichtung, mit einem Auskoppelfilter (1) zum Zerlegen eines mehrere Kanäle mit unterschiedlichen Wellenlängen aufweisenden eintreffenden Wellenlängenmultiplex in eine erste und eine zweite Gruppe von Kanälen, einer Verarbeitungseinheit (14) zum Durchführen einer Verarbeitung an der ersten Gruppe und einem Einkoppelfilter (1) zum Zusammenfügen der verarbeiteten ersten Gruppe und der zweiten Gruppe zu einem ausgehenden Wellenlängenmultiplex, dadurch gekennzeichnet, dass das Auskoppelfilter (1) und das Einkoppelfilter (1) eine zusammenhängende wellenlängenselektiv reflektierende Struktur gemeinsam haben, die die erste Gruppe aus dem eintreffenden Multiplex in eine erste Richtung reflektiert und die zweite Gruppe durchlässt, und die die nach Durchgang durch die Verarbeitungseinheit (14) aus einer zweiten Richtung eintreffende erste Gruppe in die Durchlassrichtung der zweiten Gruppe reflektiert.
2. Signalverarbeitungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die wellenlängenselektiv reflektierende Struktur ein Bragg-Gitter (7) ist.

3. Signalverarbeitungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die wellenlängenselektiv reflektierende Struktur ein dichroitischer Spiegel ist.
- 5
4. Signalverarbeitungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie für einen Wellenlängenmultiplex mit einer Mehrzahl von Nachrichtenkanälen und wenigstens einem Überwachungskanal (OSC) vorgesehen ist, dass der wenigstens eine Überwachungskanal die erste Gruppe bildet und dass die Nachrichtenkanäle die zweite Gruppe bilden.
- 10
5. Signalverarbeitungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie wenigstens eine von dem gesamten Wellenlängenmultiplex durchlaufene optische Verstärkerstufe (12, 15) umfasst.
- 15
- 20
6. Signalverarbeitungsvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Verstärkerstufe (12, 15) auch im nicht gepumpten Zustand für die erste Gruppe transparent ist.
- 25
7. Signalverarbeitungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein Zwischenverstärker für ein optisches Langstreckenkabel ist.
- 30
- 35

G. 81678

Zusammenfassung

5

10

15

Bei einer wellenlängenselektiven optischen Signal-
verarbeitungsvorrichtung sind ein Auskoppelfilter
(1) zum Zerlegen eines mehrere Kanäle mit unter-
schiedlichen Wellenlängen aufweisenden eintreffen-
den Wellenlängenmultiplex in eine erste und eine
zweite Gruppe von Kanälen und ein Einkoppelfilter
(1) zum Zusammenfügen der ersten Gruppe nach Durch-
gang durch eine Verarbeitungseinheit (14) und der
zweiten Gruppe zu einem ausgehenden Wellenlängen-
multiplex in einer zusammenhängenden wellenlängen-
selektiv reflektierenden Struktur zusammengefasst.

(Figur 6)

Fig. 1

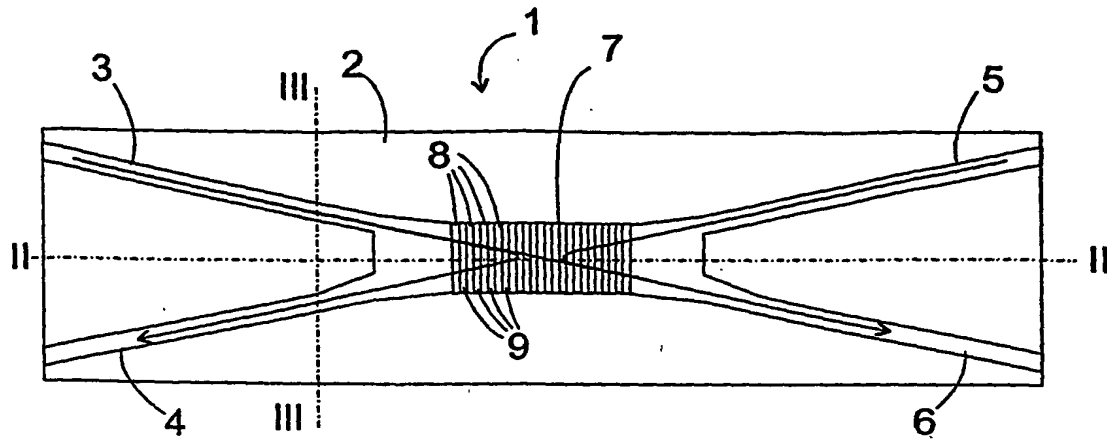


Fig. 2

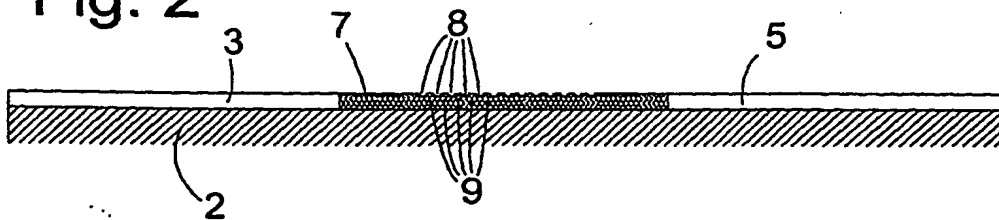


Fig. 3

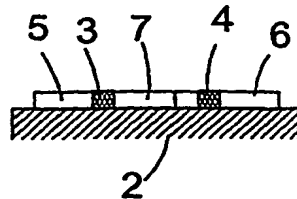


Fig. 4

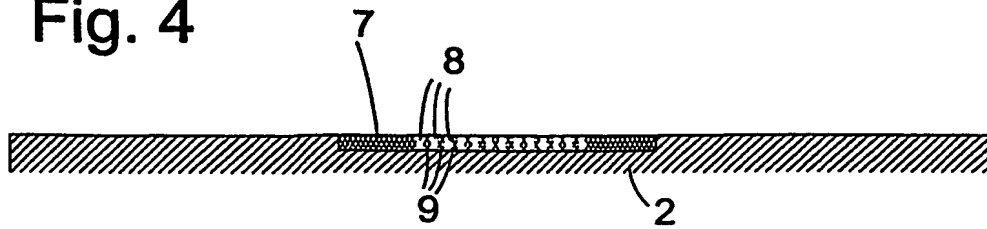


Fig. 5

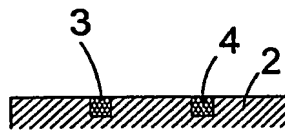


Fig. 6

